

УДК 577.17:591.111:591.261.7

**Шапошников А.А.,  
Закирова Л.Р.,  
Клочкова Г.Н.,  
Гай И.Е.,  
Яковлева И.Н.,  
Шевченко Т.С.**

**ЛЮТЕИН И ЗЕАКСАНТИН  
СОДЕРЖАЩАЯ ДОБАВКА В ДИЕТЕ  
ПЕРЕПЕЛОВ: БИОХИМИЧЕСКИЕ  
ИЗМЕНЕНИЯ В КРОВИ И ЯЙЦАХ**

**Шапошников А.А.**, доктор биологических наук, профессор,  
заведующий кафедрой биохимии медицинского института,  
Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
ул. Победы, 85, г. Белгород, 308015, Россия; E-mail: [shaposhnikov@bsu.edu.ru](mailto:shaposhnikov@bsu.edu.ru)

**Закирова Л.Р.**, кандидат биологических наук,  
доцент кафедры биохимии медицинского института,  
Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
ул. Победы, 85, г. Белгород, 308015, Россия; E-mail: [zakirova@bsu.edu.ru](mailto:zakirova@bsu.edu.ru)

**Клочкова Г.Н.**, кандидат биологических наук,  
заведующая клинико-диагностической лабораторией,  
областное государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Белгородская областная  
клиническая больница Святителя Иоасафа»,  
ул. Некрасова, 8/9, г. Белгород, 308007, Россия; E-mail: [shaposhnikov@bsu.edu.ru](mailto:shaposhnikov@bsu.edu.ru)

**Гай И.Е.** аспирант,  
Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
ул. Победы, 85, г. Белгород, 308015, Россия; E-mail: [shaposhnikov@bsu.edu.ru](mailto:shaposhnikov@bsu.edu.ru)

**Яковлева И.Н.**,  
кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры незаразной патологии,  
Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я.Горина,  
ул. Вавилова, 1, Белгородская обл., Белгородский р-н, п. Майский, 308503, Россия;  
E-mail: [inka707@mail.ru](mailto:inka707@mail.ru)

**Шевченко Т.С.**, кандидат биологических наук,  
старший преподаватель кафедры биохимии медицинского института,  
Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
ул. Победы, 85, г. Белгород, 308015, Россия; E-mail: [shvchenko\\_ts@bsu.edu.ru](mailto:shvchenko_ts@bsu.edu.ru)

## Аннотация

**К**сантофилл-содержащая добавка из лепестков бархатцев и чашечек физалиса в рационе перепёлок оказала положительное влияние на процессы метаболизма и увеличивала концентрацию лютеина и зеаксантина в желтке яиц в соотношении близком 4:1.

**К**лючевые слова: лютеин; зеаксантин; биохимия; перепела; сыворотка крови; яйца.

UDC 577.17:591.111:591.261.7

*Shaposhnikov A.A.,  
Zakirova L.R.,  
Klochkova G.N.,  
Guy I.E.,  
Yakovleva I.N.,  
Shevchenko T.S.*

**THE LUTEIN AND ZEAXANTHIN  
CONTAINING SUPPLEMENT  
IN QUAIL DIET: THE BIOCHEMICAL  
CHANGES IN BLOOD AND EGGS**

**Shaposhnikov A. A.**, *Doctor of Biological Sciences, Professor*

Head of Department of Biochemistry, Medical Institute

Belgorod State National Research University

85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia;

*E-mail: shaposhnikov@bsu.edu.ru*

**Zakirova L. R.**, *PhD in Biology, Associate Professor*

Department of Biochemistry, Medical Institute

Belgorod State National Research University

85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia;

*E-mail: zakirova@bsu.edu.ru*

**Klochkova G. N.**, *PhD in Biology,*

Head of the Clinical Diagnostic Laboratory

Regional State Institution of Health "Belgorod Regional St. Ioasaph Clinical Hospital"

8/9 Nekrasova St., Belgorod, 308007, Russia;

*E-mail: shaposhnikov@bsu.edu.ru*

**Guy I. E.**, *Postgraduate Student*

Belgorod State National Research University

85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia;

*E-mail: shaposhnikov@bsu.edu.ru*

**Yakovleva I. N.**, *PhD in Biology, Associate Professor*

Department of Noncontagious Pathology

Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin

1 Vavilova St., Belgorod District, Mayskiy, 308503, Russia;

*E-mail: inka707@mail.ru*

**Shevchenko T.S.**, *PhD in Biology, Senior Lecturer*

Department of Biochemistry, Medical Institute

Belgorod State National Research University

85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia;

*E-mail: shevchenko\_ts@bsu.edu.ru*

## АБСТРАКТ

**A**xanthophyll-containing supplement of marigold petals and physalis calyces in the diet of quail had a positive effect on the metabolism and increased the concentration of lutein and zeaxanthin in egg yolk at a ratio close to 4:1.

**Key words:** lutein; zeaxanthin; biochemistry; quail; blood serum; eggs.

**Введение.** В последние годы всё большее научное обоснование и популярность приобретают способы получения пищевых продуктов с заданным химическим свойством и биологической активностью. Данное направление «пищевого дизайна» даёт возможность получать так называемые функциональные продукты питания — обогащенные макро- и микроэлементами, эссенциальными жирными кислотами, витаминами, ксантофиллами и т.п. Особый интерес вызывают ксантофиллы — лютеин и зеаксантин, в связи с их биологической ролью в организме человека и животных. Оба каротиноида, лютеин и зеаксантин, называются «макулярными пигментами», т.к. они входят в состав жёлтого пятна (macula lutea) сетчатки глаза человека в соотношении приблизительно 4:1 [4, 6]. Антиоксидантные свойства данных ксантофиллов в сочетании с их способностью поглощать излучение синего спектра света, защищают пигментный эпителий и слой хориокапилляров сетчатки от повреждающего действия окислителей, свободных радикалов, нейтрализуя активные формы кислорода [7]. Учитывая тот факт, что каротиноиды не синтезируются в организме животных и человека и должны поступать с пищей, а также то, что биодоступность эфира лютеина яичного желтка многим выше, чем лютеина из других пищевых источников и лютеина, полученного путём химического синтеза [5], актуальным является получение функциональных продуктов питания, в частности, яиц птицы, обогащенных лютеином и зеаксантином. Проведенные ранее исследования по обогащению и перепелиных [1. 2. 3] яиц лютеином и зеаксантином, используя биологически активные растительные добавки, показали их положительное влияние на сохранность, продуктивность, яйценоскость, физиолого-биохимический статус птиц, а также накопление каротиноидов в желтке яиц.

Следует отметить, что в России биологически активные добавки аналогичного типа не производятся, поэтому разработки с целью создания собственных технологий актуальны, особенно в свете современных установок **на замену импортных препаратов и на возрождение отечественной медицинской и фармацевтической промышленности.**

Разработанная нами биологически активная добавка отличается от известных им-

портных сбалансированностью соотношения лютеина и зеаксантина.

**Целью нашего исследования** было изучение влияния различных доз ксантофиллов лепестков бархатцев (*Tagetes erecta* L.) и чашечек физалиса (*Physalis alkekengi*) на биохимические показатели крови перепёлок, а также химический состав их яиц.

**Материалы и методы.** Опыт был проведен в фермерском хозяйстве Ивнянского района Белгородской области в январе-феврале 2012 года на перепелках-несушках породы «Фараон», в котором было изучено влияние на организм птицы различных доз (при неизменном соотношении лютеина и зеаксантина — 4:1) смеси сухих лепестков бархатцев и чашечек физалиса в составе основного рациона (ОР).

Для эксперимента перепёлок в суточном возрасте разделили на пять групп по 20 особей в каждой. Продолжительность опыта составила 40 суток: адаптационный период — 10, основной — 14 и завершающий — 16 суток.

В подготовительный период птица I-V групп получала ОР. В основной период (продолжительность 14 суток) перепёлки контрольной (I) группы получали ОР; II группы опыта ОР с добавлением 0,06; III группы — 0,12; IV — 0,18; V — 0,24 мг ксантофиллов на перепёлку в сутки соответственно. В завершающий период, длительность которого составила 16 суток, вся подопытная птица получала только ОР.

Основной рацион был представлен специальным комбикормом для перепелок-несушек, сбалансированным по основным питательным, минеральным и биологически активным веществам. Потребление воды не ограничивали.

Для опыта были приготовлены высушенные и измельченные:

- лепестки цветков бархатцев, содержавшие по спектрофотометрическим данным  $12,5 \pm 1,5$  мг ксантофиллов на 1 г добавки (в пересчете на неэтерифицированный лютеин);
- чашечки физалиса, по спектрофотометрическим данным содержавшие  $9,0 \pm 0,3$  мг ксантофиллов на 1 г добавки (в пересчете на неэтерифицированный лютеин).

Ежесуточно контролировали кормление птицы, её физиологическое состояние и яйценоскость. Цельную кровь забирали на 14

сутки основного периода путем декапитации птицы (по пять перепелок из каждой группы). Цельную кровь для определения концентрации эритроцитов, гемоглобина и лейкоцитов стабилизировали раствором гепарина (результаты опубликованы прежде). Сыворотку крови получали стандартно.

Образцы сыворотки доставляли незамедлительно в лабораторию и анализировали с использованием полностью роботизированного иммунохимического электрохемилюминисцентного автоматического анализатора COBAS E 411 и иммунохимического анализатора OLYMPUS AU680 на базе Белгородской областной клинической больницы Святителя Иоасафа.

Полученный цифровой материал был обработан статистически. При определении достоверной разницы между показателями контрольной и опытными группами был использован аргумент Стьюдента. Результаты рассматривали как достоверные, начиная со значения  $p < 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** Биохимические характеристики крови очень важны как для оценки физиолого-биохими-

ческого статуса организма животного и человека, особенно при использовании новых кормовых (пищевых) средств и биологически активных добавок.

Концентрация общего белка в сыворотке перепелок контрольной и опытных групп находилась в пределах физиологической нормы для данной возрастной группы птиц и не имела достоверных различий (табл. 1). Уровень альбумина и белков глобулиновых фракций перепелов контрольной и опытных групп, так же не имел достоверных различий. Это может свидетельствовать о том, что различные дозы ксантофиллов в диете перепелов не оказывают отрицательного влияния на содержание общего белка и белковых фракций в сыворотке крови птиц.

Уровень альбумина и белков глобулиновых фракций перепелов контрольной и опытных групп, так же не имел достоверных различий. Это может свидетельствовать о том, что различные дозы ксантофиллов в диете перепелов не оказывают отрицательного влияния на содержание общего белка и белковых фракций в сыворотке крови птиц.

Таблица 1

**Биохимические показатели сыворотки крови, характеризующие  
белковый обмен у перепелок 24-суточного возраста**

Table 1

*Biochemical parameters of blood serum, characterizing protein metabolism in 24-day age quails*

Показатель	Группа				
	I	II	III	IV	V
Общий белок, г/л	51,3±3,3	51,1±2,3	49,9±2	53,4±3	52,8±2,4
Фракции белка, %:					
альбумин	58,3±2,3	57,6±2,2	58,7±1,3	59,1±1	59,1±0,8
α1-глобулины	5,2±0,3	4,7±0,4	5±0,2	5,3±0,3	5,3±0,4
α2-глобулины	9,7±0,8	9±0,9	9,3±0,8	9±0,6	9,2±0,3
β-глобулины	19,7±0,4	19,7±0,9	20±0,4	19,3±1,8	19,5±0,9
γ-глобулины	7,2±1,8	8,9±2,6	7,5±2	6,6±1,2	7±0,5
Мочевая кислота, ммоль/л	270±14,3	229,3±9,7*	233±8,2*	244,7±17,8	244,4±8,7*

Добавление к ОР птиц добавки в различной концентрации приводит к достоверному снижению концентрации мочевой кислоты в сыворотке крови птиц опытных групп, получавших растительные ксантофиллы в дозе 0,06 мг на животное в сутки на 15,1% ( $p < 0,05$ ), в дозе 0,12 мг на животное в сутки на 13,7% ( $p < 0,05$ ), в дозе 0,24 мг на животное в сутки

на 9,5% ( $p < 0,05$ ). Полученные данные могут свидетельствовать, как об усилении синтетических процессов в обмене белков, так и об оптимизации работы выводящей системы птиц.

Такие показатели, как триацилглицеролы (ТАГ), холестерол, транспортные формы липидов – липопротеины высокой плотности (ЛПВП), липопротеины низкой плотности



(ЛПНП), липопротеины очень низкой плотности (ЛПОНП), отражающие интенсивность метаболизма липидов в организме животного, у экспериментальных перепелов находились в пределах физиологической нормы для данной возрастной группы птиц и достоверных различий по показателями в контрольной и опытных группах не выявлено (таблица 2).

Наряду с показателями белкового и липидного обменов значимыми являются показатели минерального обмена. Наибольший интерес представляют макроэлементы кальций и фосфор как компоненты, присутствующие во всех тканях и органах и участвующих в ряде важнейших биохимических процессах. Уровень кальция и фосфора в сыворотке крови отражает обеспеченность ими организма птиц.

Таблица 2

**Биохимические показатели сыворотки крови, характеризующие липидный обмен у перепелок 24-суточного возраста**

Table 2

*Biochemical parameters of blood serum, characterizing lipid metabolism in 24-day age quails*

Показатель	Группа				
	I	II	III	IV	V
Холестерол, моль/л	2,27±0,3	2,11±0,22	2,34±0,32	2,22±0,18	2,21±0,2
ТАГ, ммоль/л	0,53±0,06	0,53±0,07	0,52±0,07	0,52±0,09	0,48±0,08
ЛПВП, ммоль/л	1,73±0,09	1,74±0,07	1,73±0,05	1,73±0,08	1,72±0,14
ЛПНП, ммоль/л	0,48±0,02	0,49±0,04	0,49±0,08	0,48±0,03	0,47±0,05
ЛПОНП, ммоль/л	0,31±0,04	0,28±0,02	0,27±0,03	0,27±0,01	0,26±0,01

Наряду с показателями белкового и липидного обменов значимыми являются показатели минерального обмена. Наибольший интерес представляют макроэлементы кальций и фосфор как компоненты, присутствующие во всех тканях и органах и участвующих в ряде важнейших биохимических процессах. Уровень кальция и фосфора в сыворотке крови отражает обеспеченность ими организма птиц.

Проведенные исследования показали, что добавление в рацион перепелов ксантофилов в дозе 0,18 и 0,24 мг на животное в сутки ведет к достоверному ( $p < 0,05$ ) снижению

концентрации кальция на 13,7 и 14,4% соответственно по сравнению с контролем (табл. 3). Уровень фосфора у птиц опытных групп также снизился по сравнению с контролем во II опытной группе на 7,77 ( $p < 0,05$ ), в III группе – на 21,8 ( $p < 0,05$ ), в IV группе – на 23,3 ( $p < 0,001$ ), в V группе – на 26,9% ( $p < 0,01$ ). Тем не менее, содержание указанных макроэлементов оставалось в пределах физиологической нормы, более того, отношение кальций/фосфор оставалось в оптимальном диапазоне – от 1,5 до 3,0 у перепелов всех опытных групп.

Таблица 3

**Элементный состав и концентрация витаминов сыворотки крови перепёлок**

Table 3

*The element composition and concentration of vitamins in quail blood serum*

Показатель	Группа				
	I	II	III	IV	V
Кальций, ммоль/л	2,78±0,15	2,69±0,09	2,43±0,27	2,4±0,05*	2,38±0,15*
Фосфор, ммоль/л	1,93±0,07	1,78±0,09*	1,51±0,12*	1,48±0,07***	1,41±0,03**
Калий, ммоль/л	11,3±0,9	10,9±0,7	10,9±0,3	10,6±0,6	10,9±0,4
Хлор, ммоль/л	107,3±5,6	104,7±5	103,1±2,4	107,9±3,1	104±6
Витамин А, мкмоль/л	0,85±0,05	1,03±0,06*	1,14±0,07**	2,03±0,06***	1,23±0,04***
Витамин Е, мкмоль/л	0,006±0,001	0,01±0,001*	0,01±0,002*	0,009±0,002*	0,009±0,001*

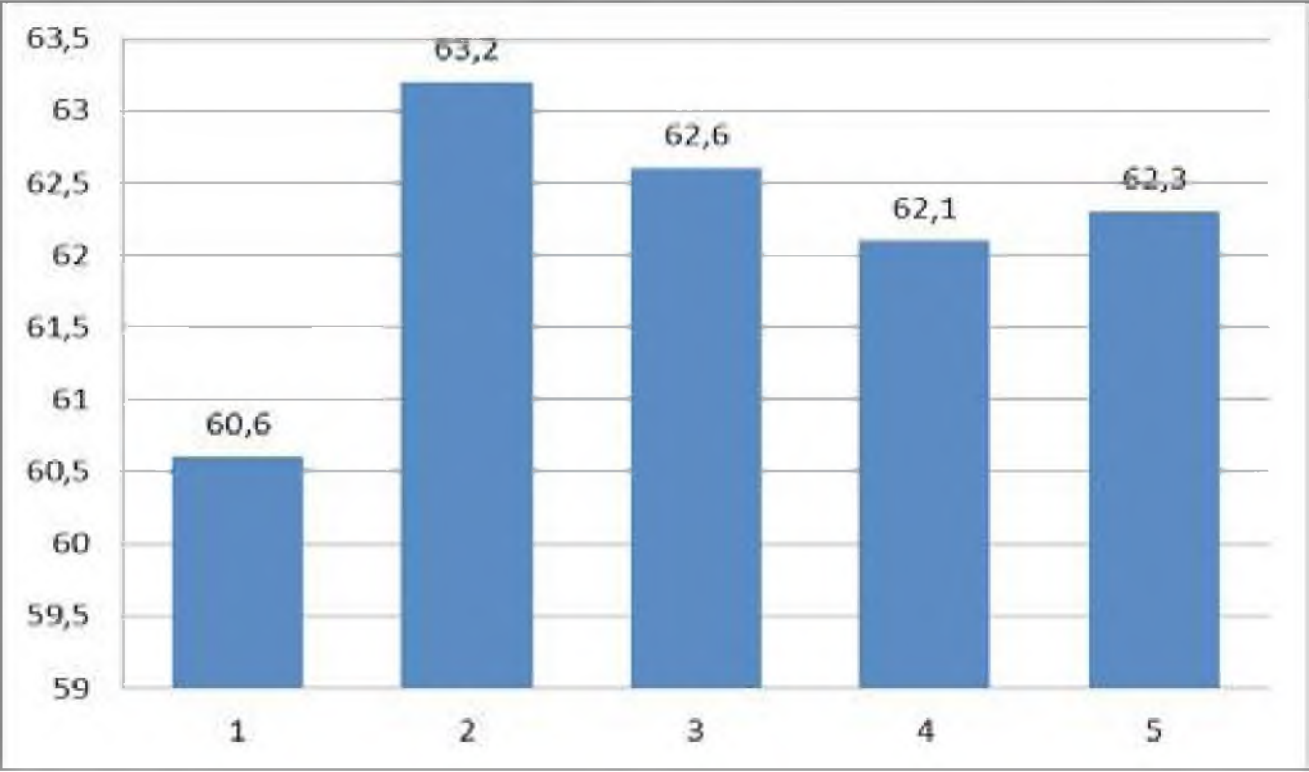
\*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$

Полученные данные можно объяснить интенсификацией минерального обмена у птиц опытных групп, конверсией макроэлементов в скорлупу яиц, что согласуется с результатами яйценоскости.

Помня об антиоксидантной роли ксантофиллов, вследствие наличия в молекуле сопряженных двойных связей, важно было изучить влияние добавки на содержание общеизвестных природных ингибиторов окисления – витамины Е и А в крови птиц. Как видно из таблицы 3, содержание ретинола и токоферола в крови перепелов всех четырех опытных групп существенно и достоверно повысилась по сравнению с контролем. Так, концентрация витамина А в сыворотке крови

птиц II и III опытных групп увеличилась на 21,2 и 34,1%, а в IV и V группах – в 2,4 и в 1,4 раза ( $p < 0,01$ ) соответственно по сравнению с контролем. Применение в диете перепелов растительных ксантофиллов в дозах 0,06 и 0,12 мг на животное в сутки, привело к достоверному повышению концентрации витамина Е в сыворотке крови в 1,7 раза, в дозах 0,18 и 0,24 мг на животное в сутки – в 1,5 раза по сравнению с птицами, потреблявшими ОР.

Следует также отметить, достоверное увеличение концентрации витамина Е в желтке яиц перепелов II опытной группы на 4,29% и очевидную тенденцию к повышению данного показателя у птиц остальных опытных групп по сравнению с контролем (рис. 1).



**Рис. 1. Концентрация витамина Е в желтке перепелиных яиц, мкг/кг**  
**Fig. 1. The concentration of vitamin E in the yolk of quail eggs, µg/kg**

Представленные результаты аналогичны полученным ранее данным [2] и свидетельствуют о большей сохранности жирорастворимых витаминов в организме птиц опытных групп. Поскольку других источников витаминов, кроме корма, в диете перепелов не было, есть основание предположить о протективном действии лютеина и зеаксантина в составе добавки на содержание этих витаминов.

Таким образом, отмечаем, что применение в диете перепелов добавки (Патент РФ

№ 2328137, 2008 г.), содержащей растительные ксантофиллы (сухие лепестки бархатцев и чашечки физалиса) в дозах: 0,06; 0,12; 0,18 и 0,24 мг на животное в сутки положительно влияет на обмен белков и сохранность жирорастворимых витаминов А и Е в организме птиц и яичном желтке, а также не оказывает отрицательного действия на содержание некоторых метаболитов липидного и минерального обменов.

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Дейнека Л.А. Спектральный и хроматографический анализ ксантофиллов в различных растительных добавках и их влияние на накопление лютеина и зеаксантина в желтке перепелиных яиц / Л.А.Дейнека, А.А.Шапошников, В.И.Дейнека, Л.Р.Закирова, С.М.Вострикова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2010. № 21 (92). Выпуск 13. С. 143-149.
2. Дейнека Л.А. Влияние ксантофиллсодержащих растительных добавок на биохимические показатели крови, накопление лютеина и зеаксантина в желтке перепелиных яиц / Л.А.Дейнека, А.А.Шапошников, В.И.Дейнека, Л.Р.Закирова, С.М.Вострикова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2011. №21 (116). Выпуск 17. С. 53-56.
3. Дейнека Л.А. Пищевой дизайн: исследование накопления ксантофиллов в желтке куриных яиц / Л.А.Дейнека, А.А.Шапошников, В.И.Дейнека, С.М.Вострикова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2007. №5. Выпуск 5. С. 32-36.
4. Handelman G. J. Lutein and zeaxanthin concentrations in plasma after dietary supplementation with egg yolk [Text] / G.J.Handelman, Z.D.Nightingale, A.H.Lichtenstein, E.J.Schaefer, J.B.Blumberg // Am. J. Clin. Nutr. 1999. Vol. 70, № 2. P. 247-251.
5. Schalch W. Possible contribution of lutein and zeaxanthin, carotenoids of the macula lutea, to reducing the risk for age-related macular degeneration: a review / W.Schalch // HKJ Ophthalmol. 2000. Vol. 4. № 1. P. 31-42.
6. Whitehead A. J., Mares J. A, Danis R. P. Macular pigment: a review of current knowledge. // Arch. Ophthalmol. – 2000. – № 124. – P. 1038-1045.
7. Johnson E. J. The Role of Lutein in Disease Prevention / E.J.Johnson, PhD J.Mayer // Nutrition in Clinical Care. 2008. Vol. 3, Issue 5. P. 289-296.

**REFERENCES:**

1. Deineka L.A. Spectral and Chromatographic Analysis of Xanthophylls in Various Herbal Supplements and their Effects on the Accumulation of Lutein and Zeaxanthin in the Yolk of Quail Eggs / L.A. Deineka A.A. Shaposhnikov, V.I. Deineka, L.R. Zakirova, S.M. Vostrikova // Belgorod State University. Series: Natural Sciences. 2010. № 21 (92). Issue 13. Pp. 143-149.
2. Deineka L.A. The Influence of Ksantofills-containing Herbal Supplements on Blood Biochemistry, Accumulation of Lutein and Zeaxanthin in the Yolk of Quail Eggs / L.A.Deineka A.A.Shaposhnikov, V.I.Deineka, L.R.Zakirova, S.M.Vostrikova // Belgorod State University. Series: Natural sciences. 2011. №21 (116). Issue 17. Pp. 53-56.
3. Deineka L.A. Food Design: a Study of Accumulation of Xanthophylls in the Yolk of Eggs / L.A. Deineka A.A. Shaposhnikov, V.I. Deineka, S.M. Vostrikova // Belgorod State University. Series: Natural sciences. 2007. №5. Issue 5. Pp. 32-36.
4. Handelman G.J. Lutein and zeaxanthin concentrations in plasma after dietary supplementation with egg yolk [Text] / G.J.Handelman, Z.D.Nightingale, A.H.Lichtenstein, E.J.Schaefer, J.B.Blumberg // Am. J. Clin. Nutr. 1999. Vol. 70, № 2. Pp. 247-251.
5. Schalch W. Possible contribution of lutein and zeaxanthin, carotenoids of the macula lutea, to reducing the risk for age-related macular degeneration: a review / W.Schalch // HKJ Ophthalmol. 2000. Vol. 4. № 1. Pp. 31-42.
6. Whitehead A.J., Mares J.A., Danis R.P. Macular pigment: a review of current knowledge. // Arch. Ophthalmol. 2000. № 124. Pp. 1038-1045.
7. Johnson E.J. The Role of Lutein in Disease Prevention / E. J. Johnson, PhD J. Mayer // Nutrition in Clinical Care. 2008. Vol. 3. Issue 5. Pp. 289-296